まえがき

高度環境制御装置標準化委員会は、園芸施設に設置されている環境計測制御用のコンピュータに関する様々な規格を策定し、標準化することによって、生産を支援するための高性能な応用ソフトウェア開発のための労力とコスト低減、および、計測制御装置の設置工事の簡易化および工事費の軽減を目指して設置された。本委員会の起源は、1994 年度に遡る。高能率な施設園芸生産を確立するため、生産現場における実施調査、検討および実証試験等を総合的に実施することにより、施設園芸の省力・快適な生産システムの構築とその確立を図ることを目的とした、施設園芸省力・快適生産体制確立対策事業の技術開発小委員会である。この委員会での 3 年間の検討をさらに発展させ、実証的見地からも検証を行う目的で、園芸施設設置コスト等低減委員会の下に、本委員会は設置された。

1997 年度から 3 年間の検討では、これらを継承し、施設内の高度環境制御装置の通信・制御の標準化規格を策定ノし、デモンストレーションなどの普及啓蒙活動にも努力した。この規格により、高度環境制御装置を支援するソフトウェアの共通化・汎用化が図れ、自由な競争の下、より高性能なソフトウェアが低価格で販売可能になり、ひいては施設園芸生産の高度化、コンピュータによる環境制御装置のより一層の普及を期待するものである。本委員会の成果である標準化規格と、開発に必要なソフトウェアツールは、インターネットおよび CD－ROM の電子メディアを使用してタイムリーに関係者に配布された。また、センサーや制御機器との接続についても、将来、園芸施設内に LAN（Local Area Network）が設置されることを前提に、将来的な提案を行った。3 年間の検討で、当初期待された以上の成果が得られたのではないだろうか。これも、最先端の専門分野に見識の深い委員と、この問題についてご理解いただいて真摯にご協力いただいた、国および民間の関係者の皆様との、時間を忘れての熱心な議論の賜物である。また、メーリングリストによる電子メールを使っての意見交換も有益であった。この委員会を契機にして、施設園芸分野の情報化が進展し、生産者にとってコンピュータの利用が真に役立つための一助となれば、これ以上の喜びはない。しかし、情報技術の進展は、日進月歩であり、常に最新の技術を取り入れていくためには、今後も検討を継続していくことが肝要である。

本年度の報告書では、特に、標準化規格の実証的見地から、規格に対応したシステムの運営、応用ソフトウェアの開発事例についてまとめた。さらに、LAN を用いた分散制御を実現するソフトウェア開発のために大切な、デバイスオブジェクトの提案を行った。

本報告書を取りまとめるにあたっては、本委員会の委員のほかに、官民学の多くの専門家に大変多くの助言と情報提供をいただいた。関係各位に感謝申し上げたい。

（星　　岳彦）

第 1 章　環境計測制御システム遠隔操作方法の標準化

標準化によって、各種の園芸施設用環境計測制御装置に利用できるソフトウェアの開発が、研究機関や企業でも手軽に開発可能になった。開発された規格の実証的見地から、ここでは、大学と企業の規格対応のソフトウェア開発の事例について報告する。開発の参考にしていただければ幸いである。また、標準化に対応した規格の環境計測制御システムを開発した企業におけるシステムの試験運用の結果と今後の課題についても報告する。

1.大学における標準化対応アプリケーションソウトウェアの開発事例

1）はじめに

これまで、環境計測制御システムの応用（アプリケーション）ソフトウェアは、システムを製造した企業が主に開発していた。しかし、標準化規格が制定されたことにより、規格に対応して環境計測制御システムを遠隔操作すれば、試験研究機関が開発したソフトウェアでも、生産現場で使用されている環境計測制御システムに使うことができるようになった。また、企業が市販するような多機能・大規模な応用ソフトウェアを開発するだけでなく、研究成果等を盛り込んで、単機能でスマートな応用ソフトウェアを開発することも可能になった。

本節では、気温が、ある作物を生産するために好適かどうかを、わかりやすい表示形式で知ることができる比較的小規模な応用ソフトウェアの開発事例を大学で行った事例について述べることにする。

2）開発した応用ソフトウェアの概要

環境計測制御システムでは、制御や記録のために施設内の気温データを計測している。植物生育に対して気温は大きな影響を与えるが、それは現在の気温柳寺値に限ったことではない。すなわち、過去から現在に至るまでの気温の累積、気温変化、および、最高・最低などの気温の振幅でも影響をうける。これらの評価を行うために、気温には、明期平均気温、暗期平均気温、積算温度、有効精算温度、最高気温、最低気温、日較差などの指標がある。それぞれの好適値は、植物の種類、品種、作型等によって異なる。さらに、これら多数の指標を数値で表して、植物の生育にって好適かどうかを一目で判断することは、熟練した生産者でも難しいことである。

そこで、これらの指標を、予め設定しておいた値と比較して、その結果を一目で理解しやすい絵図を使って表現するソフトウェアの開発を試みた。絵図には、人間が一般に認識しやすい顔の表情を使ったフェイス・チャートを採用した。ソフトウェアの愛称を「気温博士」と名づけた。

3）開発の概略

開発では、標準化規格に対応するソフトウェア部品（標準化規格 ActiveX コントロール）を用いた。このソフトウェア部品は、インターネットの標準化規格のページ（http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/std）で公開されているものを利用した。このソフトウェア部品を使用することによって、標準化規格に対応する通信の部分のプログラミングは全く必要なかった。このため、開発の工数は、半分以下に短縮することが可能であった。ソフトウェア部品は、標準化規格対応の応用ソフトウェア開発にとっては大変有益であった。使用したソフトウェア開発環境は、Microsoft Visual Studio　の Visual Basic ver.6.OSP3 を用いた。

4）結果

開発した気温博士は Windows が動作するパソコンで使用することができた。フェイスチャートによる表示は理解しやすく、生産者が使用しているパソコンのディスプレイの片隅に表示しておく

だけで、温室の気温が植物の成育にとって好適な状態に保たれているかどうかを一目で容易に把握できた。また、7 日前から現在までの状態をそれぞれ表示することができるので、気温の好適状態の変化、つまり、最近状態が良くなってきているのか、または、悪くなってきているのか、を知ることも可能であった。

開発したソフトウェアとソースプログラムは、近い将来、インターネットの標準化規格のページ（http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/std/）から無償で配布される予定である。

5）付録

以下では、開発したソフトウェアの取扱説明書の抄録を示す。

環境計測制御コンピュータ遠隔操作方法標準化規格対応
気温博士 version0.9 説明書

1. はじめに

このソフトウェアは、環境計測制御装置（温室に設置されたコンピュータなど、以下仮想コントローラ）から取得した環境計測値を処理し、利用者によって指定された環境計測値が、植物生産にとって好適な環境であるかを、一目で簡単に理解することが容易になる機能を持っています。温室との通信は「環境制御コンピュータ遠隔操作方法標準化規格（以下、標準化規格）案第 2．7 版」に準拠しています。

2. 気温博士の特徴

・温室などの状態が 7 日前まで時系列的に好適であるかを調査できます。
・環境計測値を自動的に収録できます
・フェイスチャートによる表示で、複数の結果を一目で把握できます。
・気温以外の環境計測項目にも利用可能です。
・標準化規格に対応しているので、規格に対応した多くの温室と通信可能です。
・フリーソフトウェアです。

3. 使用方法

3.1 気温博士の起動

気温博士を起動する前に、次の準備をして下さい。

a）仮想コントローラと TCP／IP による通信が利用可能な状態であるか確認して下さい。

b）気温博士を起動する前に、接続する対象の仮想コントローラ（温室などに設置された環境計測制御システムなど）専用のマップファイルを準備して下さい。

c）「スタート」メニューの「プログラム」の中にある気温博士を選択して、起動します。

d）正常に起動すると、特にメッセージは表示されません。起動画面は、図 2 のような状態になります（気温博士は、起動とともに対象の仮想コントローラと指定した時間間隔で通信します）。この状態で環境計測値の集計は動作しております。以上で、気温博士の起動は終了です。

3．2 気温博士の終了

起動されている気温博士を終了するには、顔の表示されているウィンドウ上にあるタスクバーの右側の×印のアイコンをクリックします。指示に従って、「Ok」ボタンをクリックすると終了します。気温博士は、様々な内部処理を行っていますので、強制終了は避けて下さい。また終了時に、気温博士の設定値や計測値を保存する処理を行っています。

3．3 気温博士の操作

a）気温博士全体の画面

気温博士の全ウィンドウは、図 1 に示したとおりです。図中のそれぞれのウィンドウは、①気温博士のメインウィンドウ、②気温博士の設定ウィンドウ、③Version 情報ウィンドウ、④通信設定ウィシドウになっています。

①現在が明期む暗期のどちらであるかが表示されます。太陽なら明期、月なら暗期という意味です。明期と暗期の開始時刻は、気温博士の設定ウィンドウで設定できます。
②このボタンを押すことで、様々な設定項目を表示できるようにします。再度押すことで、元のウィンドウの大きさに戻ります。
③改定された開始日からの有効積算温度が表示されます。有効積算温度は、気温樽士の設定ウィンドウで設定できます。
④収録された環療計測値が好適であるのかを、フェイスチャートで表示します。顔のそれぞれの部品と環境計測値の関係は、下の表 1 を参照して下さい。図 2 のように顔は、左側が明期、右側が暗期を表示します（口は日較差)。

C）環境設定ウィンドウの説明
　図 3 は、気温博士で好適な温度環境を設定する気温博士の設定ウィンドウの説明です。図の各部の説明は、以下のとおりです。
①ここに好適とする温度環境を設定できます。初期状態では、図 3 のように、トマトでの例を示しています。
②明期、暗期それぞれの好適とする平均温度を．設定します。
③明期、暗期それぞれの開始時刻を設定できます。時刻右横の上下の矢印ボタンをクリツクすることで、時刻を設定できます。明期より暗期の開始時刻が遅くなるようにして下さい。
④有効積算温度を求めるための、基麺温度を設定するところです。初期状態では、基準温度は 0℃となっています。
⑤積算を開始する日を設定できます。初期状態では、気温博士が最初に起動された日になります。
⑥このボタンを押すことで、好適とする日較差の範囲を大まかに推定します。詳しい日儀差の設定を必要とする時は、各自で数値を変更して設定してください。
⑦このボタンを押すことで、気温博士の通信設定が可能なウィンドウを表示します。
⑧このボタンを押すと、気温博士が初期化されます。この作業によって、全ての設定値や収録値が削除されます。削除されると値は元に戻りませんので、実行には確認のため指示が出ます、十分注意して行って下さい。
⑨このウィンドウを閉じます。閉じることで、設定した値を気温博士に記憶させることができます。また、設定された値が明らかに間違っている場合は、訂正するように指示がでます。

d）通信設定ウィンドウの説明
①仮想コントローラと通信するために ID を正確に記載して下さい。初期状態では id となっています。ID とパスワードは、接続先の仮想コントロール管理者に問い合わせて下さい。
②仮想コントローラと通信するためにパスワードを正確に記載して下さい。初期状態は、passwd となっています。パスワード文字は全て＊マークで表示されます。
③マップファイルに記載されている気温博士で表示可能な環境計測値です。初期状態では、屋内気温を探して表示するようになっています。変更することで、気温以外の項目も表示可能です。
④このウィンドウの設定情報の決定&取り消しボタンです 0 決定を押すことで、設定情報は気温博士内に保存されます。
⑤気温博士で使月するマップファイルを指定できます。ボタンを押すと、ファイル選択ウィンドウが表示されますので、指示に従って選択して下さい。
⑥過去７日前までの過去のデータを探して、可能な限り収録します。この機能を利用することで、

より正確な結果を得られますが、処理に大変時間がかかります。実行の際は、指示に従って、操作して下さい。実行途中に他の作業しないようにして下さい。

4. 最後に

最後に、本ソフトウェアはフリーソフトウェアですが、権利は主張します。本ソフトウェアは、まだ開発途中にあります。もし、エラーやバグなどを発見なされた方は、バグレポートの協力をお願い致します。また、本ソフトウェアを用いたことによる問題・責任は問いませんので、予めご了承ください。　　（星　　岳彦）

2. 標準化通信アプリケーション開発

1）はじめに

標準化通信の規格が制定され、またその規格を使用した実証テストが完了した。栽培現場では計測とそのデータの共有化ニーズが顕在化してきている。そのためには標準化通信を利用した安価で且つ生産者でも扱え、栽培現場で利用できる計測システムの開発が急務と考え、当社にて標準化通信規格を使用した計測システムを開発したのでそれを概説する。

2）標準化通信を利用した計測システムニーズの背景

（1）データ計測の目的

栽培施設では

・温湿度、日射、気象、EC、PH、CO2 などの環境データと
・加温機、天・側窓、カーテン、養液装置などの機械の運転データ
・肥料、農薬、エネルギー、種子、苗など原材料のデータ

などがある。これらのデータは植物の生理や病虫害及び生産性に大きく影響する。一方これらのデータは植物の成長などの状態を示すものではないため、草丈、葉面状態、果実の大きさ、病気の発生状況、生産量などの育成データは別途計測する必要がある．重要なことは環境計測、運転、原材料データと育成データとの関係を見いだし、環境計測、運転、原材料データをどのように管理、制御すれば育成がどのように変化するかの因果関係を明確に、栽培現場の生産性向上、品質向上、コスト低減、また生産予測、病虫害の診断、予防に結びつけることである．

（2）標準化通信の必要性

（ア）経験量の拡大

栽培現場では生産者が長年の経験と技術により、多くのノウハウを持っている．一方、農業試験場などの研究機関、農業改良普及所での栽培指導の研究などは多くの技術研究がなされ、資産や技術を抱えている．しかしながら、植物栽培は基本的に一年に一回の経験しか出来ない。いくら生産者や研究者が多くの経験を踏んでも、一年に一度の経験値しか持つことは出来ない。例えば 10 年の経験者は 10 回の経験しか持つことが出来ない。しかし 100 人が集まり、それを共有すれば 1000 回の経験を持つことが可能で、大量の経験を持つことが出来る．従って標準化通信を利用してデータの共有を行うことにより、多くの人が多くの経験値を持っことができる。

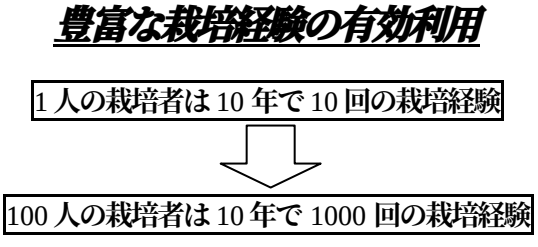


図 5　共有化することによる経験回数の違い

（イ）異業態の経験

研究所で一つのテーマで深い研究が出来る。しかしながら実際の栽培現壕との蒋離があり、(栽培スペース、環境、スケールなどが違う）研究成果が必ずしも、実際の栽培場に役に立っとは限らない。一方、栽培現場では収穫などを優先し、深い研究は出来る、ノウハウレベルの対症療法的な処理しか出来ない。もしこれらの状況の中で、相互に情報共有すれば、研究所では実際の栽培現場に即した研究が出来るとともに、栽培現場では栽培現場に適した研究成果を得ること申出来る。このように相互の情報交換により、技術を向上させることが出来る。

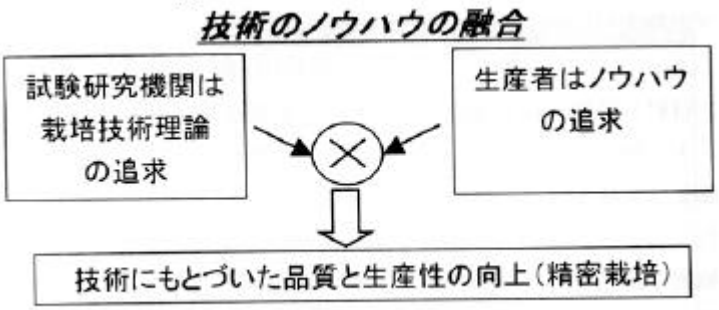


図６　技術ノウハウの共有

（ウ）消費者、小売と生産との情報交換

消費者は農産物の安全性、品質について大きな関心を持っている。小売は農産物の生産・入荷状況に常に関心を持っている。従来は市場を経由するため、はとんど生産側の情報を入手することは困難であった。しかしながら食生活の改善、豊かさを求めるようになり、より安全で高品質を求める消費ニーズが顕在化し、また小売側でも生産に合わせて、販売セールを行ったり、より安全、高品質ものを求める消費者へ応えるために、生産者の情報を必要としてきている。一方、生産者は小売などと契約栽培により安定した供給先を求める傾向にあり、供給先である小売や消費者に対する情報提供が、安定供給や無理のない生産、小売側からの法外な要求を回避できると言うことが分かって来ており、情報提供をする傾向にある。そのためには生産者と小売または消費者との情報共有が必要となる。

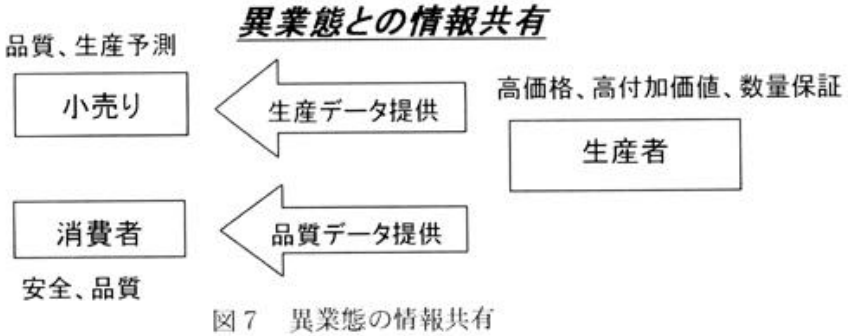


図７　異業態の情報共有

以上３つの形態を考えると、それぞれが情報を交換する必要が出てきており、情報交換をスムーズに且つ確実に行うには情報の普遍性が重要となってきている。従って、その手段としての通信の標準化が必要になってくる。

3）標準化通信を利用した応用ソフトの必要性

標準化通信が植物生産に有効であるとしても、それを実際に利用する環境が整わないと利用でき

ない。最近は技術革新のおかげで、パソコンなどの高機能な電子機器は安価に入手できるようになってきた。またインターネットや電話回線などの通信インフラが容易且つ安価に入手できるようになってきた。これらを上手に利用した標準化通信の応用ソフトが出来れば生産農家と、試験研究機関や農業改良普及組織などが情報交換に利用可能となる。従ってこのような応用ソフトのニーズの必要性が顕在化してきている。しかしながら今までの環境制御や監視システ与は今までニーズが少ないなどの影響で、ニーズがあっても、かなり高価格且つ高度な技術を要求するものしかなく、とても農業生産に利用し、多くの人が利用できる環境ではない。そこで環境計測に標準を合わせ、また技術革新の恩恵を最大限に利用した安価で取り扱いが簡単で、更に高機能な応用ソフトを開発したので以下に概説する。

4）標準化通信応用ソフト「どこでもデータ」

（1）「どこでもデータ」の考え方

「どこでもデータ」は施設環境の環境計測を目的に開発された。施設の環境計測のおかれている状況を考えると

・施設は点在しているとともに、生産者の住居からも離れている場合が多い。
・生産者は通常高度な操作や取り扱いには慣れていない
・生産物を考えると大きな投資をすることは出来ない。
・生産者が施設を離れていても管理が出来ることが望まれる。
・施設の情報を多くの人が共有できることが必要。
・施設の規模は 100 坪から数ヘクタールまでの規模があり、それぞれの規模に対応できる必要がある。
・環境データなどの情報は重要なノウハウであるから他人にむやみやたらに見せることは出来ない。

などを考慮しなければならない。

「どこでもデータ」は以下のようなことを考えた。

・離散した施設間、自宅など離れたところから情報交換が出来るよう、電話回線を利用できることとする。
・取り扱いが容易なように、誰でもが慣れている道具とするために、はとんどの操作は Windows パソコンで利用でき、また多くの人が利用している Microsoft Excel で殆どの操作が出来るようにした。（Excel の利用は必ずしも、すべての人に容易に扱えるものではないが、環境データなどは計算やグラフ化などが不可欠であり、そのようなことを実現するには Excel が現状もっとも最適と考え採用した）
・大きな投資が出来ないので基本的には市販のパソコンを使い、ソフトも高価にならないよう農業以外にも利用できるようにし数多く販売できることで結果として安価に提供できるようにした。
・移動中でも旅先でも利用できるように携帯電話などの利用も可能とした。
・データを収集するパソフンとデータを見るパソコンを別々にすることが出来るようにし小規模（パソコン一台で使用）から大規模（パソコンを複数で使用）までに対応できる方式とした。（パソコン自体は今や 10 万円ぐらいで購入できるようになり、複数のパソコンを使用してもあまり高価とならない）
・データを収集する側のパソコンにパスワードを設定できるようにして、知らない人がデータを覗くことを防止している。

以上のことを配慮して、どこでもデータを開発した。環境データの情報交換や、データの加工に必要な機能は十分に用意している。

（2）「どこでもデータ」の構成

どこでもデータの構成は

（ア）構成する機器

環境計測を計測するセンサと計測装置、パソコンで構成される。一つの場所で計測するだけであればパソコンは1台であるが、離れた場所で計測するには計測装置側のパソコンと見る側のパソコンが必要で、その間を標準化通信で通信する。そのためには電話回線や、イーサネットが必要とされる。

（イ）ソフトウェア（これが「どこでもデータ」としての製品である）

データを収集する役割のサーバソフトとデータを見たり、解析したりするためのクライアントソフトがある。いずれも windows95，98，NT，2000 上で動作する。またクライアントソフトには Microsoft Excel を使用する。

(3)「どこでもデータ」の機能

「どこでもデータ」はサーバ機能とクライアント機能で構成される。

（ア）サーバ機能

サーバは windows 上で動作し、通信（計測装置との通信やクライアントと通信などの機能は windows の機能を利用している。従って弊社で用意したのは以下の機能である。

ア）データ収集機能

サーバ機能は計測装置すなわちセンサからの信号をパソコン内に取り込む。（取り込むためにパソコンと計測装置の間は RS232C などのシリアル通信で接続されている）。但し計測装置は機種により通信方法が異なるので、機種に合わせた通信が必要である。サーバは複数の機種に対応できるようにしてある。本来機種の違いを吸収するための機能として標準化通信があるが、まだサポートされている機種が少ないめで当社でサーバにその機能を付加している。〈対応機種は順次増やしていく予定）

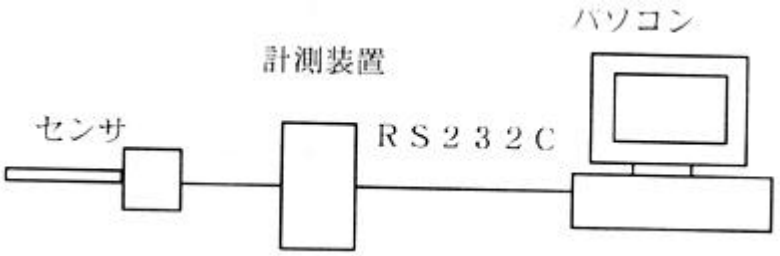


図 8　計測システムの構成

イ）現在値データベース機能

センサなどの現在値を示すデータベースであり、クライアントから要求されたときにセンサの現在値を返すためのものである。またクライアントから設定値などの書込要求が合ったときはその設定値をセンサ（この場合は制御装置）に書き込むことを行う。

ウ）ヒストリカル（履歴）データベース機能

センサデータの履歴データベースを作成する。データベースは秒、分、時、日、月など自由に設定できる。また最大 1 年分パソコン内に保存する。また最大、最小、平均値も用意している。また時間的履歴データだけでなく、イベント（警報や機械的操作など）が発生したときに、必要とするデータを保存するイベントデータベースも作成している。なおデータベースは MDB ファイルで保存しているので Microsoft Access で見ることが可能となる。

工）ID、パスワード管理

サーバにあるデータを誰にでも見せることは出来ないので、サーバ内に ID（データを見に来たのは誰であるかの識別コード）とパスワード（見るための鍵の役割のコード）を設定できる。これらは複数設定が出来る。クライアントは ID、パスワードがないとデータを見ることが出来ない。またクライアントから来た ID はサーバ内に履歴として残すことが出来る。

オ）マップファイル作成機能

クライアントの見せることが出来るデータを制限または必要なもののみ見せることが出来ることを実現するために、マップファイルがある。（標準化通信の規格）サーバにはこれを作成する機能があり、クライアントに応じて複数の種類のマップファイルを作成することが出来る。

カ）運転機能

センサー（計測装置）の現在値、クライアントからのコマンド処理及び表示、計測装置との通信処理及び状態表示そして通信履歴保存を行う機能である

（イ）クライアント機能

クライアントはサーバと同じようにwindows上で動作し、サーバとの通信は Windows上の機能を利用している。またクライアントはMicrosoft Excel 上で動作するようにしてある。バージョンはExcel197 以上が必要となる。表示はすべて Excel 上で行えるようになっており、サーバのデータは直接Excelのセルに貼り付けるようにしてある。

従って、収集したデータはそのままExcelの機能を利用することが出来る。クライアントは基本的に Excel のファイルを扱うよう利用できる仕組みになっているので、ソフトをインストルした後はExcelのブックを立ち上げればそのままシステムとなるようになっている。もちろんブックの扱いも単なるファイルとして扱うようにしてあるので移動やコピーが可能である。機能は以下のものである。

ア）データ読込機能

サーバのデータを指定したセル上に表示する機能である。セル上のデータを利用して計算することが出来る。

イ）データ書込機能

セル上のデータまたはシート上に張り付けられた設定ボックスからサーバに対してデータを書き込む機能である。

ウ）リアルタイムトレンド

サーバのデータを指定されたセルから設定した時間間隔で指定された個数のデータを貼り付けることが出来る。これにより、過去から現在までの状態を見ることが出来る。もちろんExcelのグラフ機能を利用すれ飾れ線でもバづラフでも自由に設定できる。

エ）ヒストリカルトレンド機能

サーバの履歴ファイルにあるデータを指定されたセルから表示する機能である。収集開始日時と収集終了日時を入れればその間のデータを貼り付けることが出来る。これを利用して過去の状態を把握したり、解析をすることが出来る。以上がセルを利用した機能であるが、その他便利な機能として、警報などが発生したときにわかりやすい表示をするためのアニメーション機能、リアルタイムトレンドを見やすくした専用のトレンド機能などを用意している。

上記の機能をExcelのセルにそれぞれ貼り付け、またそこにはExcelがすでに持っ機能である計算、グラフ化、お絵かき機能を利用すれば、管理に利用できる。

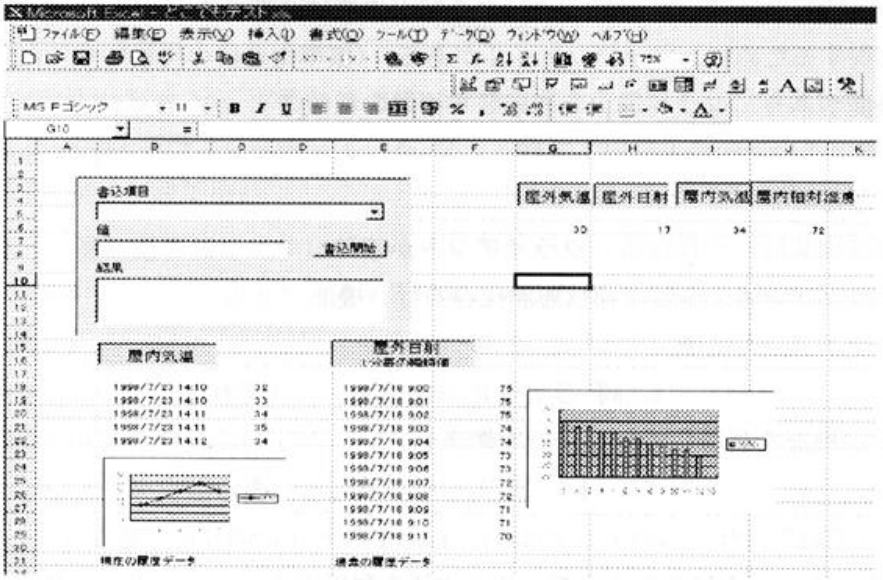


図９　Excel に貼り付けた状態とそれをグラフ化したもの

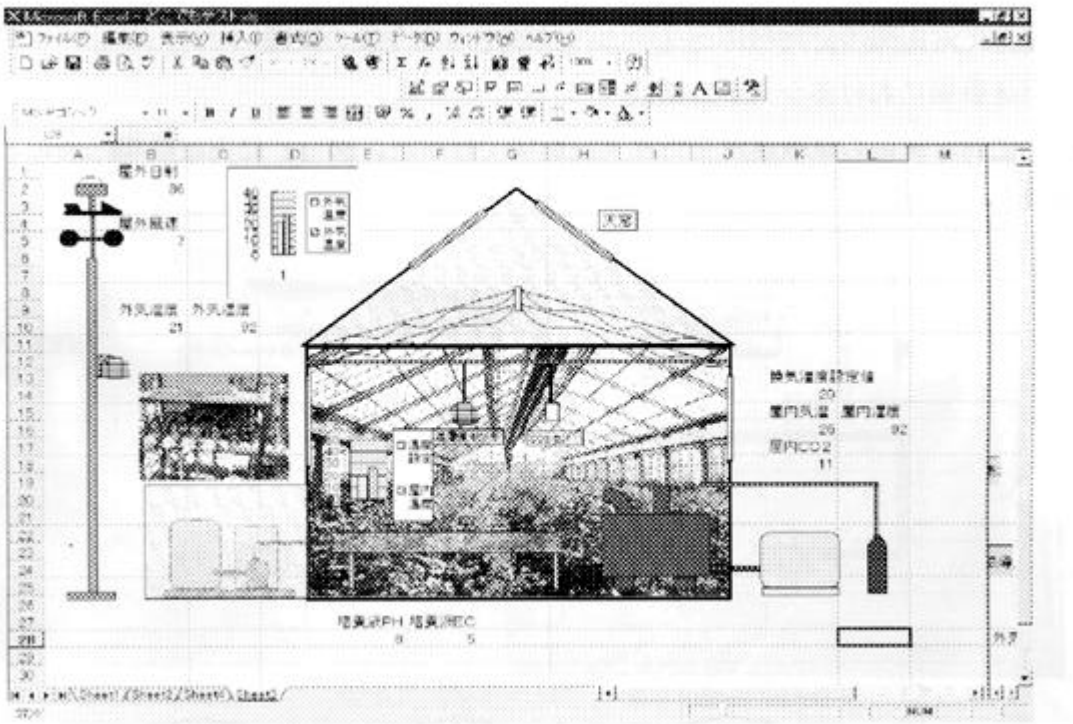


図 10　Excel 上に画像を貼り付けたり絵を書いたりして管理を見やすくした。

5）今後の対応

どこでもデータの概要を簡単に説明した。今後普及に向けて価格、品揃え、機能の拡張などを行い、利用者に使いやすい環境を用意することが必要と考えている。標準化通信はその性格上、多くの人が使用しないと価値がないので、如何に、普及を促進するかが重要なファクターとなる。従って、まずは弊社にて、直ぐに利用できる環境を用意するとともに、上記対応を行う。また多くの環境制御メーカや、関係者との連携を取りながら、標準化通信の普及と利用促進に向けて対応したいと考えている。

（渡辺　　勉）

3. 標準化対応環境計測制御システムの試験運用と今後の課題

1）実証農場におけるシステム構成

標準化通信規格の試験運用を当社実証農場で行った 0 図 11 に実証農場におけるシステム構成を示した。

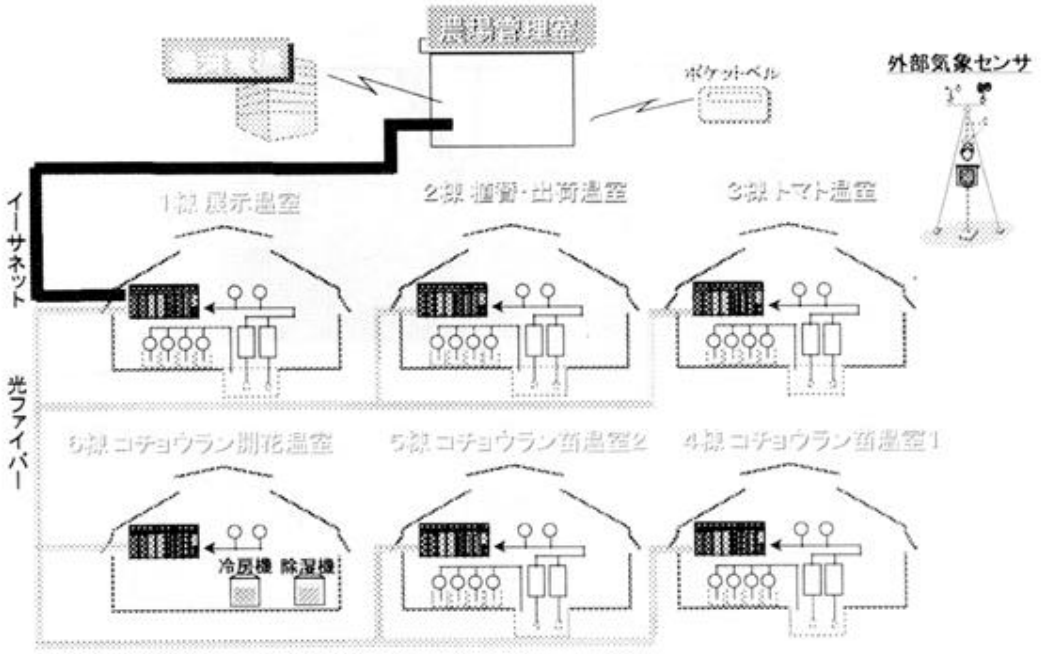


図 11 実証農場におけるシステム構成

本システムでは windows95 パソコンで温室制御の操作監視を行っている。操作監視画面はマウスと数値入力だけの操作でできる構成としたので、誰でも簡単に操作ができる。離れた温室の制御を光ケーブルを通じてひとつのコントローラから行なうことができ、ノイズ・雷に強いシステムとなっている。監視用パソコンとコントローラ間の通信にはイーサネットによりネットワーク化を実現した。イーサネットは低価格で、通信スピードが高速であり、しかもネットワーク性に優れている。最近、目覚しい普及を遂げているインターネットにおいて一般的に使用されている通信規格もイーサネットであるが、温室制御の分野でパソコンとコントローラ間の通信にイーサネットを導入したのは、当社のシステムが初めてである。イーサネットによるネットワーク化によってコントローラは 10 台まで接続可能であり、1 台のパソコンで最大 60 棟までの操作監視を行うことができる。電話回線による遠隔操作監視機能により、自宅あるいは外出先からノートパソコンで接作監視ができる。さらに、暖房機や養液栽培における循環ポンプなどの故障といった重大な警報は、i モードあるいはショートメール対応の携帯電話やボケベルに通報する機能もあるので、栽培者は安心とゆとりを持って温室管理を行うことができる。温室内クッチパネル式表示器を設置することにより、生産現場の作物を見て設定値の変更を思いついた場合でも、その場で変更できる。図 12 に温室の槻とミニトマト温室の状況の写真を、図 13 にコチョウラン苗温室と開花温室の状況を示した。

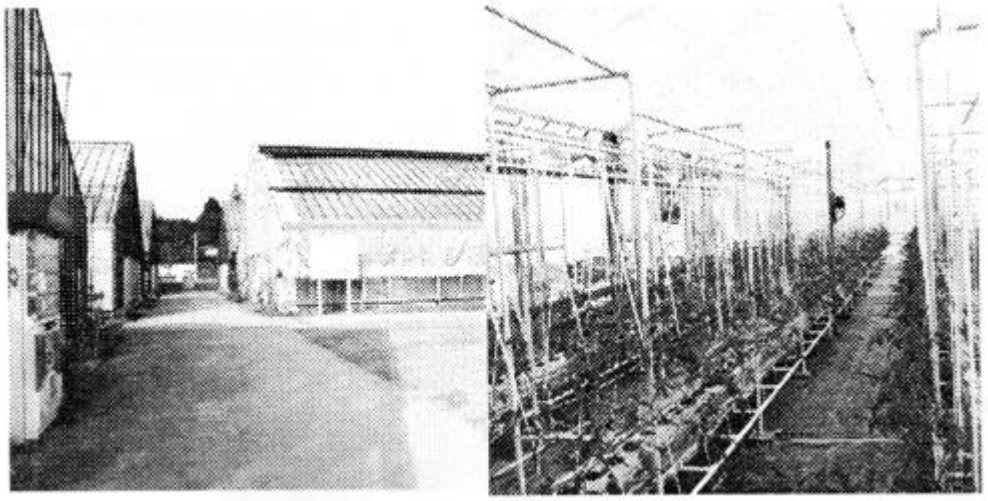


図 12　温室の概観とミニトマト温室の状況

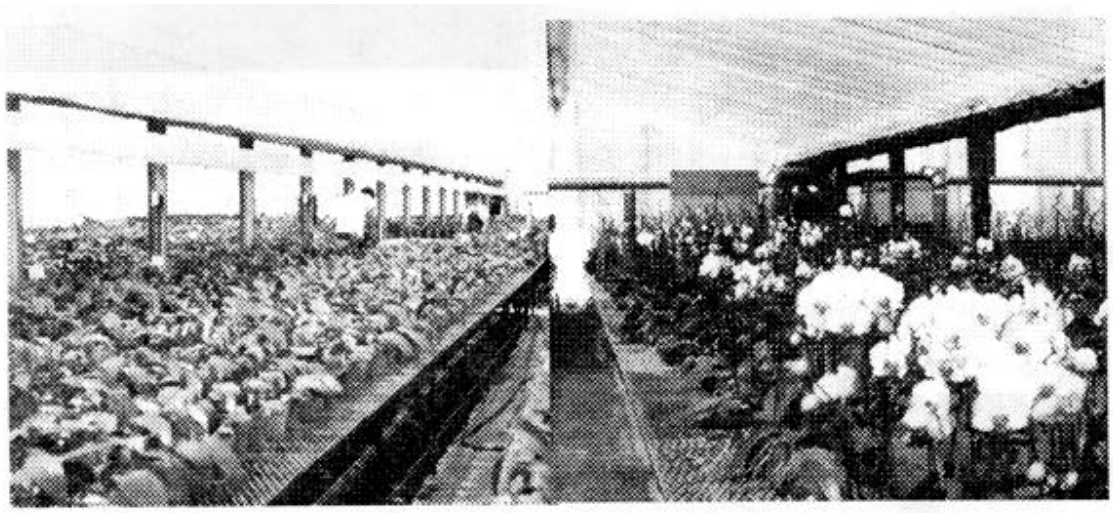


図 13　コチョウラン苗温室の状況と開花温室の状況

温室は総て単棟で、6 棟ある。栽培作物はコチョウランをメインにし、カトレア、ミニトマトも一部栽培している。コチョウランについては苗専用の温室と花芽を促進させる開花温室を設け、出荷の調節ができるようにしている。開花温室は夏でも日中の湿度が 25℃を越えないように冷房機を設置している。ミニトマトは養液栽培で管理している。暖房は温水ボイラーにより、温水配管で行っている。カーテンはアルミ 50%遮光フィルムと透明ポリ保温フィルムの 2 層で、開花温室についてはアルミ 100%遮光フィルムを加えて 3 層となっている。遮光フィルムは、夜間は保温カーテンとしで作動する。施設は、換気窓、温水暖房機、温風暖房機、冷房機、CO2 施肥機、遮光カーテン、保温カーテン、短日カーテン、溶液栽培装置あどの施設栽培で使われる付帯設備の殆どが設置されており、標準化通信の試験運用に適しているものと考える。

２）　標準化通信規格の試験運用について

図１４のコントローラの設置状況とコンピュータ管理室の状況を写真に示した。

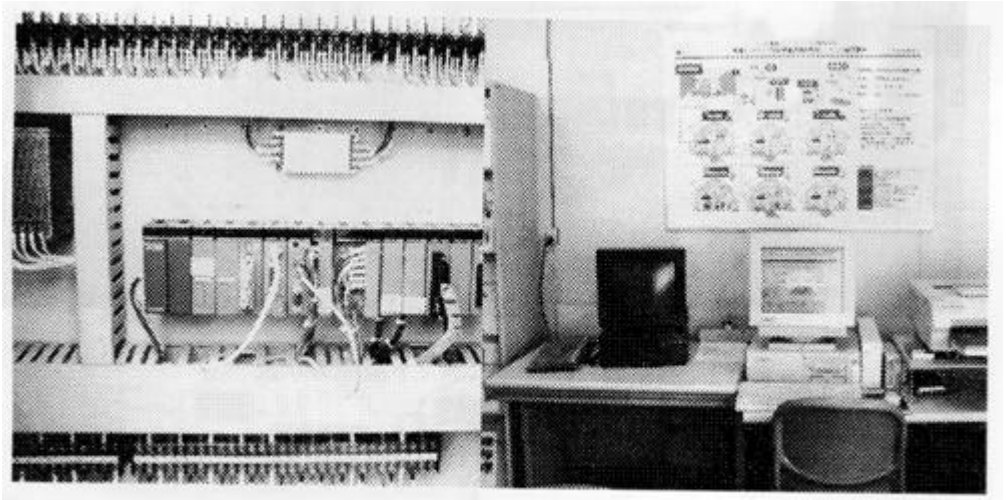


図 14　コントローラの設置状況とコンピュータ管理室の状況

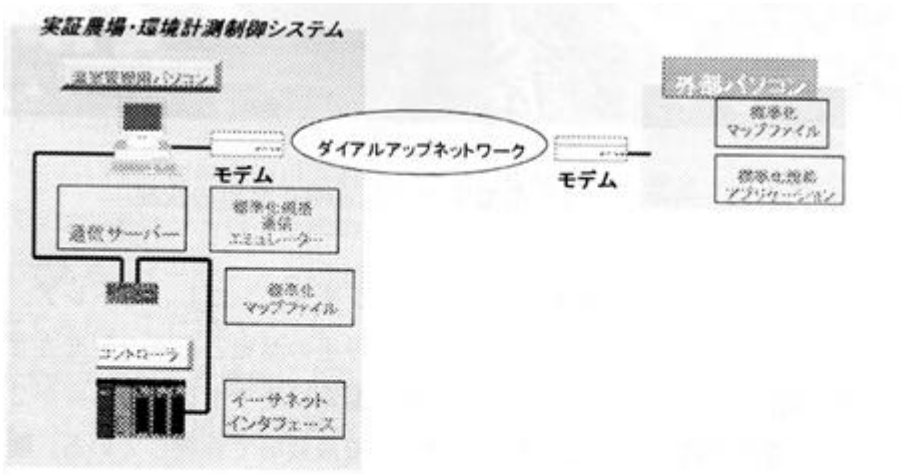


図 15　実証農場・環境制御システムとの試験運用方法

コントローラは総て温室内の制御盤内に設置した。はがきサイズのコンパクトな構造であり、スペースを取らずに盤内に設置できる。管理用のコンピュータはコンピュータ室に設置した。図 15 に実証農場・環境計測制御システムにおける標準化通信試験運用方法を示した。当社の環境計測制御システムでは、管理用パソコンとコントローラの通信は YEWFARM 通信サーバーが行っている。標準化規格の通信はこの通信サーバーと標準化規格対応外部パソコンとの仲立ちを通信エミュレータが行うことで実現する。実証農場のコンピュータ管理室内の管理用パソコンはモデムを通して ISDN 回線と繋がっている。

標準化規格対応外部パソコンはダイアルアップネットワークで実証農場管理用パソコンと繋げることができる。通信エミュレータは、コネクション確立後、外部パソコンからの入力促進文字列を受信し、コマンドの受信を待ちうける。当社の通信促進文字列には YEWFARM を使用している。受信したコマンドから指定の動作を行い、レスポンスを構築して外部パソコンに送信してコネクションを切断する。

試験運月では外部パソコンからダイアルアップ接続後に TILNET を起動させて、直接コマンドを入力してレスポンスデータの確認を行った。この方法で、一通りのコマンドの動作確認をチェックした。特別なアプリケーションが無くても、TELNET により必要最小限の遠隔操作監視ができると考える。

図 6 に標準化マップファイルの例を示した。当社のエミュレータでは、総ての計測値・制御値・記録値を読め、総ての設定値の読み書きができる。項目指定文字列には、システム内で使用している YEWFARM タグ名をそのまま採用した。YEWFARM タグ名はアナログ入力点、計算点、デジタル入力点、デジタル出力点、パラメータの 5 種類に分類される。アナログ入力点タグ名は、最初の頭文字が A の後に温室番号とセンサーの種別を表す文字列が付加される。外部気象は共通センサーであり、温室番号は 0 としているので、
外部気温は **A000DRY** と記述する。計算点とは、窓の開度のように、制御プログラムの中で二次的に算定される計算値である。計算点タグ名は最初の頭文字が C の後に温室番号と種別を表す文字列が付加される。例えば温室 1 における天窓東開度は **C001TEN1** と記述される。デジタル入力点タグ名も同様にして最初の頭文字が S で、後に温室番号と種別文字が付加され、例えば暖房温風機 1 不着火は **S001WIND1** と記述される。デジタル出力点タグ名も同様にして最初の頭文字が D で、後に温室番号と種別文字が付加され、温室 1 の暖房温風機の出力は **D00IDANON1** と記述される。パラメータタグ名については保存されているデバイス番号にユニット番号が付加される。温室 1 のパラメータ「窓東最大開度 1」は **D4838U01** と記述される。記録値については 1 分毎に計測されたデータの 10 分間平均値が保存されているので、記録値収集方法の記述は総て ANA となる。

注釈部に当社独自情報として、YEWFARM データ名、単位変換係数、正規化処理の有無、正規化処理のための DP 値・SL 値・SH 値、設定値書き込みの許可の 7 項目を付加している。YEWFARM データ名は当社システムで使用しているデータ名である。単位変換係数はシステム内の単位と標準化規格での単位が異なる場合に使用する。単位が同じであれば 1 と記述する。正規化処理の有無はそのデータがシステム内でハードウェア資源の効率化のために正規化しているかどうかを示す。正規化処理がない場合には YDBH、ある場合には NONE と記述する。その後に続く正規化処理のための DP 値・SL 値・SH 値は正規化を元に戻すための情報である。設定値書き込み許可は、書き込みしてはしくない設定値がある場合に 0 と記述する。

値は正規化を元に戻すための情報である。設定値書き込み許可は、書き込みしてほしくない設定値がある場合に0と記述する。

：YEWFARM 標準化マップファイル
：システム情報セクション
[SystemInfo]
Prompt=YEWFARM ← 通信促進文字列
StdVersion=1.01 ← 標準化規格版番号
Level=4b ← 標準化のレベル
Port=12345 ← 通信エミュレータのポート番号
FacilityName=野菜温室 ← 温室名称
FacilitySubName=1号棟 ← 温室番号
MapTimestamp=199706011200 ← マップファイルの生成日時
NetworkAddress=123.456.789.123 ← 通信エミュレータのIPアドレス
VcontMaxComInterval=60 ← 最大無通信時間
：
：標準データ名セッション
：
：

項目指定文字列　使用可能記録値集計方法　YEWFARM データ名

```
[SDNTable]
110311-------IR, 屋外気温, @, A000DRY, ANA, 外部気温, 1, YDBH, ,
100311-------IR, 屋外日射, W*m^-2, A000SOLOR, ANA, 外部日射, 1, YDBH, ,
H1103011-----IR, 屋内気温, @, A001DRY1, ANA, 内部乾球温度１, 1, YDBH, ,
L1010M1------OB, 暖房装置異常警報, , S001WIND1, ANA, 暖房温風機１不着火, 1, YDBH, ,
L1CF311------IC, 天窓開度, , C001TEN1, ANA, , 天窓東開度, 1, YDBH, ,
L1CF411------IC, 側窓開度, , C001OKU1, ANA, , 側窓西開度, 1, YDBH, ,
L101011------OC, 暖房装置動作, , D001DAN0N1, ANA, , 暖房温風機, 1, YDBH, ,
L1CF3T1-----%SR, 天窓開所要時間, s, D4838U01, 最大開度１, 1, NONE, DP=0, SL=0, SH=600, 1
```

パラメータ書込許可

標準データ名　名称　単位　正規化処理有無　ＤＰ値　ＳＬ値　ＳＨ値

図16　標準化マップファイルの例

3）農業高校夏季研修会での取り組み

当社は昨年 8 月に、文部省からの委託を受けて「農業高校教員向け環境制御技術講習会」を開催した。各県から 1 名の先生方が参加された。この講習会の中で標準化規格についてのパソコン実習の時間を設けたが、多くの先生方に興味を持って頂いた。図 17 に標準化通信規格実習システムの構成を示した。

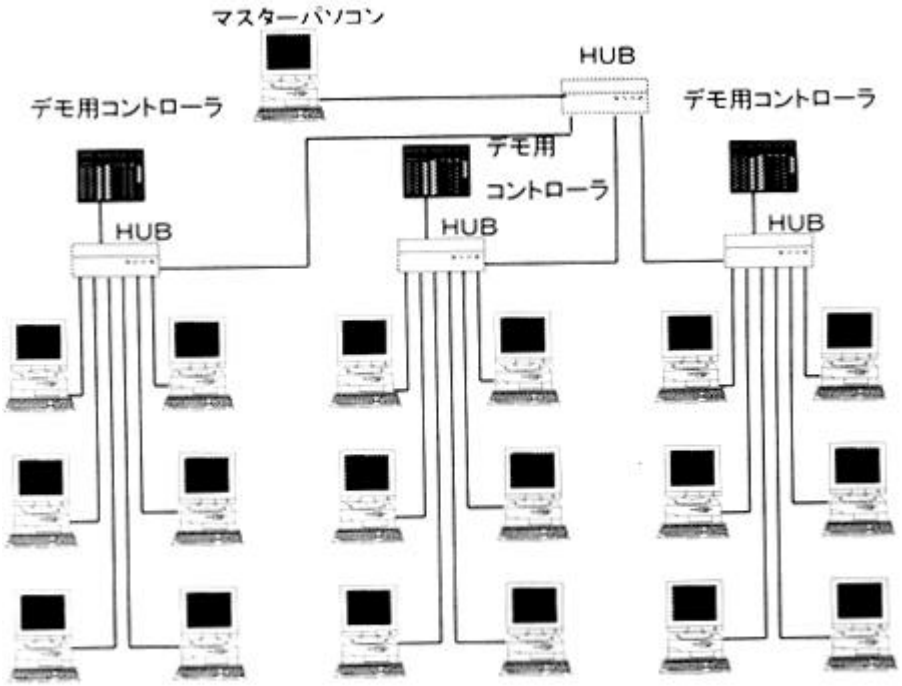


図 17　標準化通信規格実習システムの構成

デモ用コントローラ 3 台と 19 台のパソコンが HUB を通じて繋がっている。各コントローラとパソコンはそれぞれが IP アドレスを有する。デモ用コントローラには実証農場システムと同様のシステムが稼働し、予め入力された模擬データに基づいてリアルタイムで模擬制御している。各デモ用コントローラには 6 台のパソコンが接続されデモ用コントローラの操作監視をそれぞれが行うことができる。6 台の内の 1 台について通信エミュレータを稼働させる。

実習では、各パソコンから TELNET を稼働させ、通信促進文字、命令コマンドを入力してレスポンスを受信する 0 実習の内容はシンプルな作業であるが標準化通信規格の仕組みについて直に体験できる。また、どのメーカーの制御装置ともこのような TELNET によって、簡単なデータのモニタと設定変更ができるということは教材としても魅力あるものと考える。このようなパソコン実習が農業高校の授業に取り入れられれば、標準化通信規格の普及啓蒙に繋がっていくものと考える。

4）今後の課題

当社は、標準化通信規格に対応するための通信エミュレータの製品化を終えており、宮崎県総合農業試験場畑作園芸支場に、環境計測制御システムとともに初めて納入した。今後、農業試験場等の研究機関においては、環境計測制御システムの導入においては、標準化通信規格は必要不可欠な納入仕様条件となっていくものと考える。研究機関での認知度が増していけば、農家での普及も広がっていくものと考える。そのためにも、地道な普及啓蒙活動が必要と考える。メーカーとしても

標準化通信規格の普及協議会を発足させ、各企業が普及啓蒙活動における支援の役割を果たす必要があると考える。

（奥矢　　毅）

第 2 章　環境計測制御システムと施設設置機器との接続標準化

（分散オブジェクト化のためのデバイスオブジェクトモデルの提案）

1　はじめに

平成 7 年度の研究開発成果として、ネットワーク分散型温室制御技術の開発について報告した。

本年度は、平成 10 年度報告の中で今後の技術開発課題とした、温室内で利用される様々なセンサーや機器のデバイスオブジェクトモデルの開発に取り組むと共に、主に計測系においてそれらの技術開発成果を活用した実用システムを構築し、実際の栽培現場での運用を開始したので、その概要を報告する。

2. デバイスオブジェクトモデル

環境計測制御システムと施設設置機器との接続標準化を実現するためには、機器の論理的な機能とその取り扱い方法（機器プロパテイとその操作メソッド＝デバイスオブジェクトモデル）の標準化が不可欠である。

論理的な機能とは、機器の持つ働きをシステムレベルで定義したものであり、厳密な意味では機器の持つ機能とは異なる概念である。例えば、換気扇は温室内の空気を外気と交換するという機能を持っているが、システムレベルでの働きは、・温室の気温を下げる・CO2 濃度を上げる（あるいは下げる）ということになる。

取り扱い方法の標準化とは、例えば換気扇の制御について考えてみた場合、モーターの回転数を ON／OFF 制御する場合でも、インバータ制御する場合でも、猷回転数に対する割合（%）で制御指示を出すように針するというようなことである。

コンピュータシステムと機器の接続性を問題にする時、その機械的構造、電気的仕様、コンピュータ接続のためのインターフエース仕様などの物理的な側面だけが着目されることが多いが、たとえこれらの仕様が条件に適合していても、機器の論理的機能や制御バラメータなどの定義が異なっていれば、コンピュータの制御ソフトウェアを修正する必要があり、結局はこのままでは接続できないということになる。

この問題は、例えば RS－232C の通信インターフェースを備えていることでコンピュータと容易に接続できることを諞っている 10 万円の機器が、接続のためのソフトウェアを開発するために 100 万円も掛かってしまうために、決してコンピュータに接続されることがないという事実からも容易に理解できるであろう。

機器のデバイスオブジェクトモデルが標準化されれば、たとえその機械的構造やインターフェース仕様が異なっていても、設置方法を工夫したりインターフェースコンパータを使用することで制御ソフトウェアを修正することなく対応できる。デバイスオブジェクトモデルの標準化は簡単なことではないが、メーカーの異なる機器間で相互接続性を確保するための第一ステップである。

3.デバイスオブジェクトモデルへのアクセス手段の標準化

デバイスオブジェクトモデルは機器の機能や取り扱い方法を論理的に定義したものであるが、実際の機器を制御するアプリケーションソフトウェアを構築するためには、機器のデバイスオブジェクトにアクセスする何らかの方法（インターフェースソフトウェア）が　必要である。

最も単純な方法は、特定の通信インターフェース上で規定された通信プロトコルをアプリケーションソフトウェアが直接処理するというものであるが、この方法はアプリケーションソフトウェア

開発の負担が大きいため現在では殆ど使用されていない。パソコンの周辺機器のように取り扱う機器の数が少なく、かつ、頻繁に追加や変更が発生しない場合には、特定の機器との通信プロトコルを処理する通信ドライバーソフトウェアを使用してアプリケーションを構築する場合が多いが、この手法は計測制御システムの機器アクセスメカニズムとしては適切ではない。

当社では、機器のデバイスオブジェクトモデルに上位のアプリケーションソフトウェアからアクセスする手法の１つとして、デバイスオブジェクトモデルの定義と同時にデバイスオブジェクトへのアクセス手段をソフトウェアオブジェクト化し（以下バーチャルマシンと呼ぶ)、機器自体がアプリケーションソフトウェアへ提供するという独自の技術を開発し、様々な計測制御システムの構築に利用している。（バーチャルマシンはアプリケーションソフトウェア中では純粋なソフトウェアオブジェクトとして取り扱われる）

この場合、アプリケーションソフトウェアは機器のデバイスオブジェクトモデルを直接扱うのではなく、バーチャルマシンに定義されたメソッドを呼び出すことにより機器との情報のやり取りを行う。このメソッドは機器のデバイスオブジェクトモデルを反映したものであるので、デバイスオブジェクトモデルが標準化できればメソッドも標準化できる。最新のオブジェクト指向ソフトウェア技術では、内部オブジェクトを動的に生成・消滅できるため、メソッドの呼び出し方法とその戻り値（インターフェース）さえ標準化されていれば、アプリケーションソフトウェアで管理されている機器を他のメーカーの機器に交換した場合でも、自動的にそのアクセスインターフェースであるバーチャルマシンが置き換わり、アプリケーションソフトウェアを停止する必要さえない。

デバイスオブジェクトモデルとそのアクセス手段の標準化が如何に強力であるかが分かるであろう。

4.分散制御技術をベースとした温室内機器のネットワーク化

コンピュータシステムと温室内機器の瀕続方法には幾つかの候補があるが、前述のデバイスオブジェクトモデルの概念との整合性、制御用配線工事コストの低減、制御機能の分散化による耐故障性の向上などの観点から、個々の機器にネットワーク通信機能を持つマイクロプロセッサを内蔵させ、LAN 型のネットワークでコンピュータシステムと個々の機器を接続する方式が注目されている。

分散制御（ネットワーク）技術にも幾つかの候補がありその優劣は付け難いが生産者の利益を優先するならば、基本となる技術は統一されることが望ましい。これは、オフィスにおけるコンピュータネットワークが最終的にはTCI／IP プロトコルとイーサネット（10BASE－T）に紆一されたことにより、ネットワークインターフェースなどの機器の低価格化が進み、オフィスのネットワーク化が嚇的に進んだことからも明らかである。

当社では、温室内の分散制御技術として米国 E 社の LONWORKS を採用し、また、前述のデバイスオブジェクトとそのアクセス方法の標準化で示したような独自の機器管理メカニズムを開発し、植物工場の計測制御や一般の栽培温室の環境モニタリング等に適用してきた。これらの技術については、過去数年間の実証を終え実用段階となっている。

5. 開発したシステムの概要

当社では長年に亘り、地元の農協、先進農家等と共同で、高効率な各種栽培システム技術の開発に取り組んできた。これらの新しいシステム技術には、前述のデバイスオブジェクトモデルや温室内ネットワーク技術に関する研究成果が取り入れられ始めている。

以下、最近の開発事例を示す。

1）超小型汎用計測制御ユニット

超小柳Ｌ用計測制御ユニットは、掌サイズの大きさで、最大８点のセンサーを接続でき最大４点の機器ＯＮ／ＯＦＦ制御が可能なネットワーク対応の汎用計測制御ユニットである。このような汎用計測制御ユニットの場合、接続されるセンサーの種別や制御対象機器が特定できないため、本来の意味のデバイスオブジェクトモデルの定義はできないが、センサー入力の計測や機器のＯＮ／ＯＦＦ制御というレベルでのモデル化は可能である。

このレベルでの標準化をしっかりと行っておけば、実際のセンサーや機器を接続した場合にも、低レベルでのデバイスオブジェクトモデルを継承する形でより具体的なデバイスオブジェクトモデルを構築することができる。

2）水栽培用給液コントローラ

水耕栽培用給液コントローラは、培養液濃度（EC）と日射強度の計測機能モジュールおよび栽培ベッドへの給液制御モジュールで構成されている。それぞれのモジュールにマイクロプロセッサとネットワークインターフェースが搭載されており、デバイスオブジェクトモデルが定義されている。この装置では、計測モジュールと制御モジュールのデパイスオブジェクトをサーバー上で動作させるアプリケーションソフトウェアで連係することにより給液コントローラの機能を実現している。

このように、単純な機能ブロックを組み合わせて、より複雑なシステムを構築できる」うにするためにも、デバイスオブジェクトモデルの標準化は不可欠である。

3）ネットワークカメラユニット

農業分野での画像情報利用研究の歴史は長いが、栽培現場で実用化されている事例は殆どない。これは、画像情報を扱うコストが大きいことと、取得した情報の取り扱いが簡挙ではなかったことが主な原因であると考えられる。最近のデジタル画像技術の急速な進歩により、画像情報を扱うコストは劇的に低下し、もはやセンサーの１つとして手軽に利用できるまでになっている。

当社では、最新のデジタル画像技術を応用して、温室内制御ネットワークに接続するだけで、手軽に画像情報が取得できるネットワークカメラユニットを開発し、植物の生育状態のリモートモニタリング等に利用している。

4）専用サーバー

当社が開発中の技術では、ネットワークに接続される機器の管理と機器毎のバーチャルマシンをアプリケーションソフトウェアに配布するためにサーバーコンピュータが必要である。

今年度は、従来のパソコンを利用したサーバーに加えて、温室内という厳しい環境条件下で、長期間に亘り安定して動作させることができ、かつ、低価格な専用のハードウェアソフトウェアを開発した。この掌サイズのサーバーコンピュータで、ネットワーク接続された温室内の 100 台以上の機器を管理でき、計測制御ソフトウェア自体も動作させることができる。

6.システム適用事例

開発したシステムを、実際のトマト栽培温室に設置し、日射強度、培養液濃度、気温、培地温度、静止画像などの計測を実施している。試験温室には、サーバーコンピュータを設置し、通信回線としてISDN または PHS 回線を利用している。温室内には LAN が布設されており、所々に設けられた情報コンセントに前述のデバイスを接続するだけで、サーバーへ接続されると同時にそのバーチャルマシンの生成が可能となる。

バーチャルマシンはサーバーからアプリケーションソフトウェアに対し配送されるが、アプリケーションソフトウェアは必ずしもサーバー上で動作する必要はなく、通信回線を介してサーバーとネットワーク接続されたあらゆるコンピュータ（クライアントコンピュータ）上で動作させること

ができる。アプリケーションソフトウェアは Java 言語の Applet 形式でサーバー上に保存されているため、クライアントコンピュータ上には、Applet を動作させることができる WWW ブラウザさえあれば良い。

図-18　トマト栽培温室

温室内の計測制御ケーブルをネットワーク化したことにより、既存の温室にも簡単に施工できるようになった。

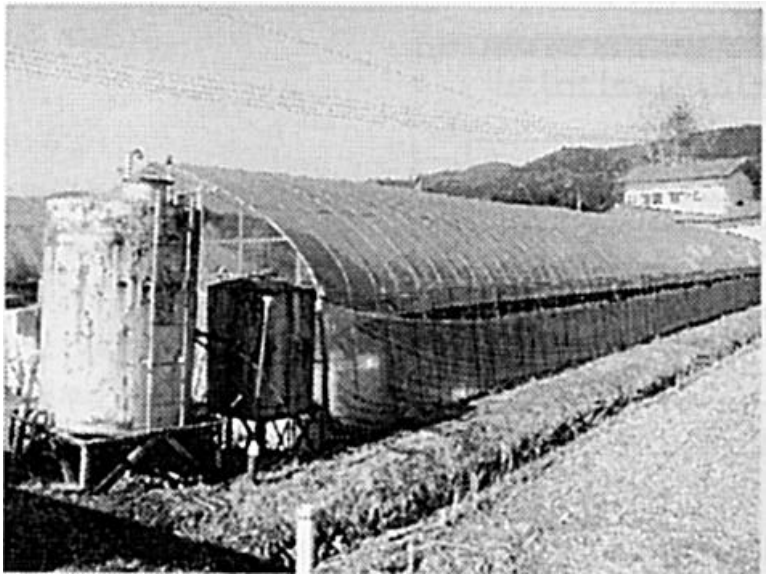


図-19　温室内環境モニタリング画面

クライアントコンピュータ上の WWW ブラウザーに表示可能。センサーや機器は温室内ネットワークで連係されている。

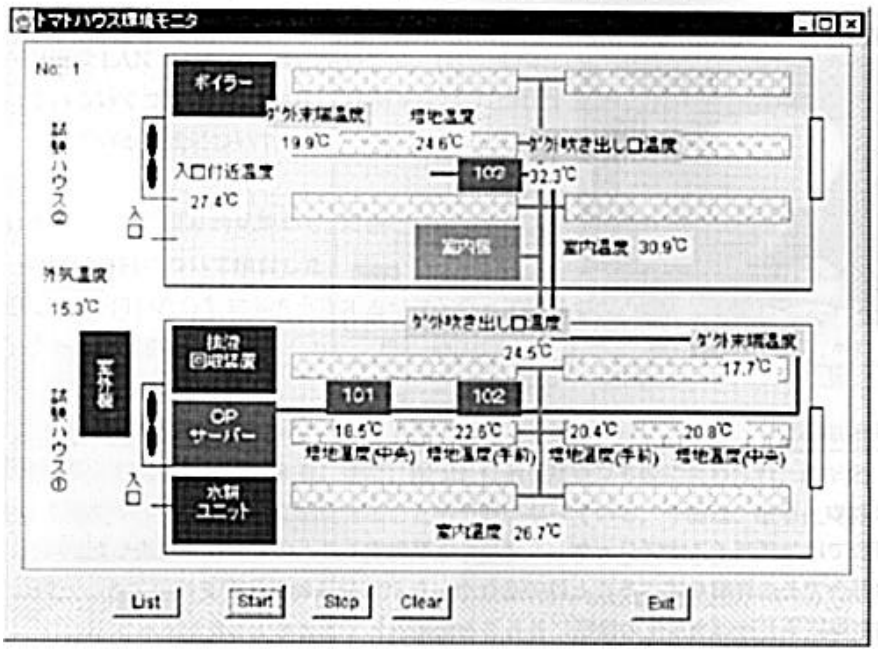


図-20　温度測定グラフ

トレンドデータはサーバに蓄積され、必要に応じてクライアントコンピュータ上の WWW ブラウザーにグラフ表示される。

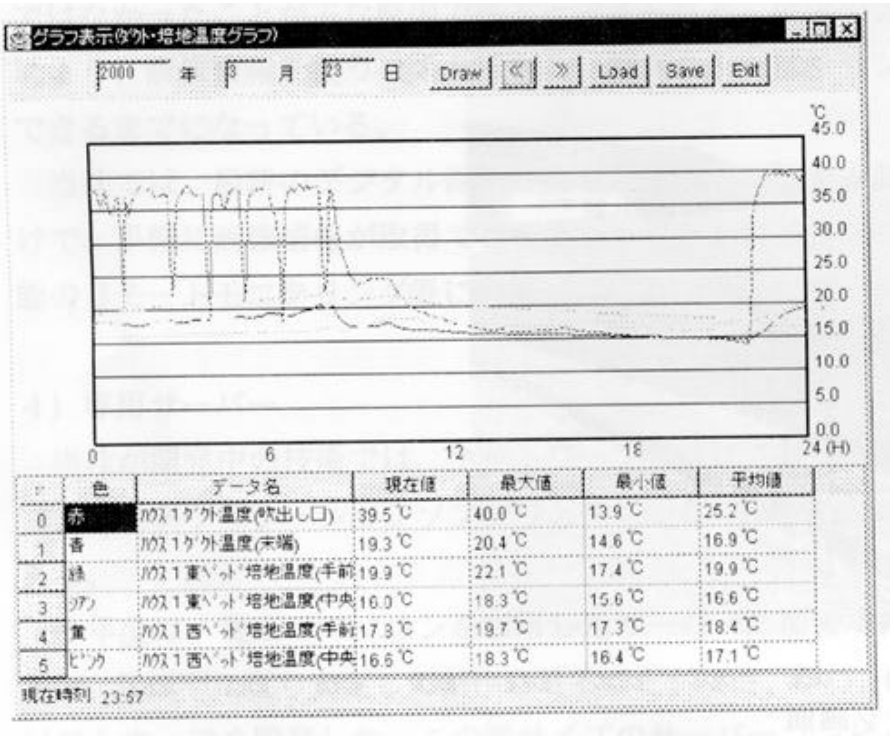
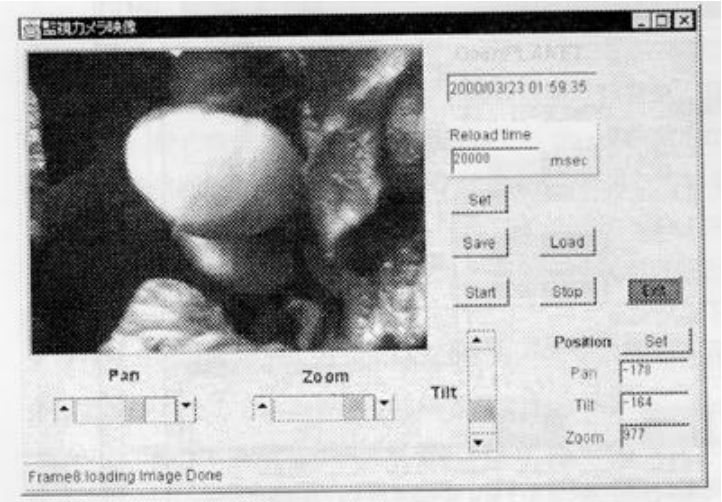


図-21　ネットワークカメラによる画像。

クライアントコンピュータの WWW ブラウザーからカメラのコントロールと画像監視が可能。



7.まとめ

本報告では、デバイスオブジェクトモデルを標準化することの重要性を解説した。紙数の都合でその詳細を述べることは出来なかったが、分散制御技術をベースとした新しい温室制御技術がほぼ実用化の段階にあることを報告してまとめとしたい。

（中西　美一）

まとめ

本委員会での報告を終えるにあたって、この 3 年間で実施した事項をまとめると、以下の通りになる。

[97 年度]
（1）施設内の高度環境制御装置の通信・制御の標準化規格の原案を策定し、各メーカとの意見交換を行った。
（2）2 社が、他のメーカに先立って、本標準化規格に対応したシステムの試作を実施し、より実証的な立場から、本標準化規格の検証を行った。
（3）標準化規格案については、標準化規格に準拠したシステムの開発が行えるように、本年度の報告書に全文を掲載した。
［98 年度]
（1）幕張メッセにおける施設園芸技術展において、本標準化規格の普及啓蒙活動のために 4 社の試作機によるデモンストレションを実施するとともに、同時にアンケート調査を実施し、その結果について取りまとめた。
（2）本標準化規格の開発や利用に必要な電子化文書、ソフトウェアを収録した CD-ROM を制作し配布した。
（3）高度環境制御装置と各種環境計測センサ・暖房機などの環境制御機器とを接続するための施設 LAN の標準化形式についても、検討を開始した。工業分野等で既に規格化さ　れているいくつかの規格について調査を行なうと共に、我が国の先進的な植物工場で試　みられている方式についても視察・検討を行なった。
[99 年度]
（1）標準化規格の実証的見地から、規格に対応したシステムの運営および応用ソフトウェアの開発事例について検討した。
（2）LAN を用いた分散制御を実現するソフトウェア開発のために大切なデバイスオブジェクトの提案を行った。

以上の項目を実施し、環境計測制御装置とパソコンとの接続については、ほぼ標準的な規格の策定が完成したと考える。また、図 22 に示したロゴも仮に決められ、標準化に対応した機器やソフトウェアに貼付することも可能になっている。今後は、標準化規格についての協議会（コンソーシアム）が、企業主導で設立されることを期待している。さらに、インターネットのホームページ（http://w3.fb.u-tokai.ac.jp/std/、図 23）も作成されて、東海大学に仮設されている。これを利用すれば、随時、本標準化規格に対する最新の情報を入手することが可能である。

図 22　本標準化規格のロゴ

図 23　本標準化規格のホームページ

施設に設置されている環境計測制御システムは、施設における情報化の核となり得る要素を備えている。本報告書を契機として、よりよい施設生産のための情報化の進展を期待するものである。

（星　岳彦）